

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2004153823 A**(43) Date of publication of application: **27.05.04**

(51) Int. Cl.  
**H04N 9/07**  
**G06T 1/00**  
**H04N 1/46**  
**H04N 1/60**

(21) Application number: **2003384056**(22) Date of filing: **24.10.03**(30) Priority: **30.10.02 US 2002 284698**(71) Applicant: **AGILENT TECHNOL INC**

(72) Inventor:  
**ZHANG XUEMI**  
**KAKARALA RAMAKRISHNA**  
**SACHS TODD S**

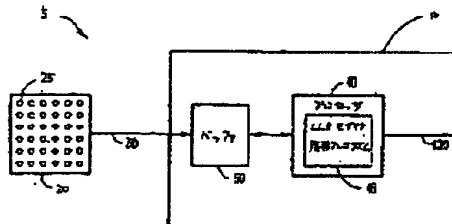
(54) **IMAGE PROCESSING SYSTEM USING LOCAL  
 LINEAR REGRESSION**

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image processing system having a mosaic cancel algorithm for improving reproduction of edges and lines within an image without reducing color saturation.

**SOLUTION:** The image processing system wherein each pixel within a pixel string generates one of individual non-worked sensor values in one of at least two color planes for each image has: a buffer which stores at least one non-worked sensor value group generated by pixels within one area of the image and of which the total area is smaller than the area of the image; and a processor connected for receiving the non-worked sensor value group stored in the buffer, calculating a regression coefficient representing the linear relation of the color planes for each area while using the non-worked sensor value group at least and calculating a lacking color sensor value associated with pixels within the area of the image by using the regression coefficient.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-153823

(P2004-153823A)

(43) 公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO4N 9/07	HO4N 9/07 C	5B057
GO6T 1/00	HO4N 9/07 A	5C065
HO4N 1/46	GO6T 1/00 510	5C077
HO4N 1/60	HO4N 1/40 D	5C079
	HO4N 1/46 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 10 OL (全 20 頁)		

(21) 出願番号 特願2003-364056 (P2003-364056)  
 (22) 出願日 平成15年10月24日 (2003.10.24)  
 (31) 優先権主張番号 284696  
 (32) 優先日 平成14年10月30日 (2002.10.30)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 399117121  
 アジレント・テクノロジーズ・インク  
 AGILENT TECHNOLOGIE  
 S, INC.  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
 ト ページ・ミル・ロード 395  
 395 Page Mill Road  
 Palo Alto, Californi  
 a U. S. A.  
 (74) 代理人 100105913  
 弁理士 加藤 公久  
 (72) 発明者 シュエメイ・ザン  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテ  
 ン・ビュー マグノリア・レーン104

最終頁に続く

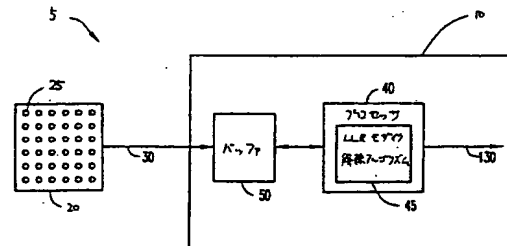
(54) 【発明の名称】 局部線形回帰法を用いた画像処理システム

## (57) 【要約】

【課題】 色飽和を低減させることなく画像内でのエッジと線の再生を改善するモザイク解除アルゴリズムを有する画像処理システムを提供する。

【解決手段】 上記課題は、画素列内の各画素が画像ごとに少なくとも二つの色平面の一つにおける未加工センサ値の個別の一つを生成する画像処理システムにおいて、画像の一領域内の画素により生成された少なくとも一つの未加工センサ値群を記憶し、領域の面積が画像の面積に満たないバッファと、バッファが記憶する未加工センサ値群を受け取り、少なくとも未加工センサ値群を用いて領域ごとの色平面間の線形関係を表わす回帰係数を割り出し、回帰係数を用いて画像の領域内の画素に関連する欠落色センサ値を算出するために接続されたプロセッサとを有することを特徴とする画像処理システムにより解決される。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも二つの色平面を有する画素列内で画素が生成する未加工センサ値により表わされる画像をモザイク解除する画像処理システムで、前記画素列内の前記各画素が前記画像ごとに少なくとも二つの色平面の一つにおける前記未加工センサ値の個別の一つを生成する前記画像処理システムにおいて、

前記画像の一領域内の前記画素により生成された少なくとも一つの前記未加工センサ値群を記憶し、前記領域の面積が前記画像の面積に満たない前記バッファと、

前記バッファが記憶する前記未加工センサ値群を受け取り、少なくとも前記未加工センサ値群を用いて前記領域ごとの色平面間の線形関係を表わす回帰係数を割り出し、前記回帰係数を用いて前記画像の前記領域内の前記画素に関連する欠落色センサ値を算出するために接続されたプロセッサと、

を有することを特徴とする前記画像処理システム。

## 【請求項 2】

前記回帰係数は、前記領域内の二つの色平面間の線形関係を表わす傾斜値及び切片値を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 3】

前記プロセッサはさらに、前記未加工センサ値群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値を算出し、前記補間欠落色センサ値と前記未加工センサ値群を用いて前記領域ごとに前記回帰係数を割り出す構成としたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 4】

前記プロセッサはさらに、前記補間欠落色センサ値と前記未加工センサ値群を用いて前記領域内の各色平面間の分散二乗和と前記領域内の各色平面間の共分散二乗和を算出し、前記分散二乗和及び共分散二乗和を用いて前記回帰係数を割り出す構成としたことを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 5】

前記プロセッサはさらに、前記領域内の各色平面間の相関係数を算出し、二つの色平面間の前記相関係数が第 2 の色平面の前記画素の位置に対して第 1 の色平面の前記画素が取り得るそれぞれの位置に関する個別相関係数を含み、該相関係数を用いて前記回帰係数を割り出す構成としたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 6】

前記プロセッサはさらに、前記第 1 と第 2 の色平面間の前記相関係数のうちの最大のものに対して第 1 の色平面について画素位置を選択し、前記第 2 の色平面内の前記画素に対し前記選択された画素位置内で前記画素から生成した第 1 の色平面内における前記各未加工センサ値を用い、前記第 1 の色平面と第 2 の色平面の間の前記回帰係数を割り出す構成とした、

ことを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 7】

前記プロセッサはさらに、前記未加工センサ値群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値を算出して第 1 のモザイク解除画像を生成し、低域濾波カーネルを用いて前記補間欠落色センサ値と前記未加工センサ値群の畳み込みを通じて前記画像の前記領域ごとにブラー画像を生成し、前記ブラー画像を前記第 1 のモザイク解除画像から減算することで差分画像を生成し、前記差分画像を用いて前記回帰係数を割り出す構成としてあり、前記プロセッサはさらに、前記差分画像から算出した前記回帰係数を用いて第 2 のモザイク解除画像を生成し、前記ブラー画像を前記第 2 のモザイク解除画像に加算することで前記領域ごとに最終モザイク解除画像を出力する構成とした、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 8】

前記プロセッサはさらに、前記未加工センサ値群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値を算出し、前記領域内のうちの選択された前記画素の一つについて第 1 の色平面内の前記補間欠落色センサ値と前記第 1 の色平面内の関連する算出欠落色センサ値との間の差分を割り出すことで、前記領域内の前記各画素ごとに前記補間欠落色センサ値を前記関連する算出欠落色センサ値と比較して格子構造を検出する構成としてあり、前記プロセッサはさらに、前記差分値が閾値を上回るときに前記選択画素の第 1 の色平面について、前記算出欠落色センサ値を前記補間欠落色センサ値でもって置換する構成とした、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 9】

前記プロセッサはさらに、前記画像の前記領域内に位置するエッジを検出するよう構成し、前記選択画素が前記エッジの一つの上に横たわるときは前記差分値に拘わらず前記算出欠落色センサ値を用いる、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の画像処理システム。

## 【請求項 10】

少なくとも二つの色平面を有する画素列内で画素により生成された未加工センサ値により表わされる画像をモザイク解除する方法で、前記画素列内の前記各画素が前記画像に関する前記少なくとも二つの色空間の一方における個々の前記未加工センサ値を生成する前記方法であって、

前記画像の領域内の前記画素により生成された少なくとも一群の前記未加工センサ値を受け取るステップで、前記領域が前記画像に満たない前記ステップと、

前記未加工センサ値群の少なくとも一部を用い前記領域に関する色平面の間の線形関係を表わす回帰係数を割り出すステップと、

前記回帰係数を用い前記画像の前記領域内で前記画素に関連する欠落色センサ値を算出するステップを有する、

ことを特徴とする方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は概ね画像センサに係り、特にセンサ値の画像処理に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

電子画像センサは、主に二つの種類がある。すなわち CCD（電荷結合素子）と CMOS-APS（相補金属酸化物半導体-アクティブ方式画素センサ）である。どちらの種類も、一般に画像内の光及び／又は色を取り込む所定パターンに配置された光検出器列を含む。各光検出器は一つの画像の一つの画素に対応し、1 以上の範囲の波長内で画素の光強度を測る。

## 【0003】

加えて、どちらの種類も、特許文献 1 に示すベイヤー（Bayer）の特許に記載されたような色フィルタ列（CFA）を有する。ベイヤー CFA を用いると、各画素は知覚色の赤、緑、青に対応する一つの波長範囲だけを検出する。色フィルタのベイヤーモザイクパターンを下記に示す（文字 R, G1, G2, B は、それぞれ単一画素ごとにそれぞれ赤色、赤行上の緑色、青行上の緑色、青色を表わす）。

## 【0004】

10

20

30

40

## 【表 1】

R	G1	R	G1	R
G2	B	G2	B	G2
R	G1	R	G1	R
G2	B	G2	B	G2
R	G1	R	G1	R

## 【0005】

単一画素配置において三原色全てにセンサ値を得るには、隣接画素から色センサ値を補間する必要がある。この補間処理は、モザイク解除と呼ばれる。今日、多くのモザイク解除方法が知られている。例えば、画素複製や双一次補間、中央値補間を挙げることができる。

## 【0006】

【特許文献1】米国特許第3, 971, 065号明細書

【特許文献2】米国特許第5, 652, 621号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

現行のモザイク解除アルゴリズムは、一つの画像内での隣接画素のセンサ値が高い相関を有するという前提（以下、隣接相関仮説と呼ぶ）の下で、同一の色平面の隣接センサ値からセンサ欠落値を補間している。しかしながら、細い線とエッジをもった画像領域については隣接画素間の相関は乏しい。それ故、隣接相関仮説に基づくモザイク解除は、エッジ沿いにかつ微細な細部をもった領域内において人工的な色折り返し歪を生成することがある。加えて、隣接相関仮説モザイク解除法は、色平面間に独立した雑音レベルを伴った画像を生成し、色補正処理期間中により高い雑音増幅を生み出すことがある。

## 【0008】

他のモザイク解除アルゴリズムは、センサ欠損値の算出時に隣接センサ値と現在の画素の未加工センサ値との両方を組み入れてきた。この種のアルゴリズムは、同一画素の異なる色センサ値の値が通常は高度に相関するという仮説（以下、色相関仮説と呼ぶ）の下で動作する。異色間の相関は、全画像について固定或いは単一画像全体に同一のいずれかを前提としている。色相関仮説モザイク解除法は、より少ない色折り返し歪をもった改善されたエッジ及び線再生をもたらすことができる。しかしながら、一部の画像では、改善されたエッジ及び線再生は異色平面間の固定されたポジティブ相関仮説のため色飽和を低減し、色域が狭くなってしまう。それ故、必要とされるのは、色飽和を低減させることなく画像内でのエッジと線の再生を改善するモザイク解除アルゴリズムである。加えて、必要とされるのは、色補正処理期間中の雑音の増幅に寛容なモザイク解除アルゴリズムである。

【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の実施形態は、未加工カラーセンサ値から線形予測を用いて画像内の推定センサ欠損値を算出するモザイク解除アルゴリズムを実装した画像処理システムを提供するものである。未加工画像をセンサ値領域に分割し、各領域ごとの色平面間の線形関係を一領域内で異色平面が共に変化する程度に応じて回帰係数を算出する回帰法により割り出す。各領域ごとのセンサ欠落値は、局部線形回帰処理から割り出した線形回帰係数を用いて未加工色センサ値の変倍遷移版として算出する。

## 【0010】

一実施形態では、領域ごとに異なる色平面間の線形回帰係数を割り出す前に、双一次補間などの単純なモザイク解除処理をセンサ値の一領域に適用する。他の実施形態では、回帰係数は未加工センサ値自体から割り出す。

## 【0011】

さらなる実施形態では、単一線形相関仮説が複数の被写体色を有する画像領域について適用できない箇所で、以前算出したモザイク解除結果を用いるか1以上の線形回帰法を用い、幾つかの異なる線形関係を用いて領域ごとの複数の回帰係数を割り出すことによりセンサ欠落値を補間することができる。

## 【0012】

一つの領域内の色チャンネルの全欠落画素が単一組の線形回帰係数を用いて算出されるため、領域内の画素のセンサ値間の線形関係は維持され、その結果として隣接相関仮説モザイク解除法に比べ最終画像内の不鮮明は少なく色折り返し歪は少なくなる。加えて、異なる色チャンネル間の雑音が相関処理され、それにより他の隣接相関や色相関仮説モザイク解除法に比べ続く処理における雑音増幅が低減される。さらに、本発明は前記したものに加え或いはこれに代え、他の特徴ならびに効果をもった実施形態を提供するものである。これらの特徴と効果の多くは、以下の図面を参照することで下記の説明から明らかとなる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0013】

開示発明を添付図面を参照して説明する。大半の画像センサにとって、任意の画素位置において異なる色について捕捉されたセンサ値は高度に相関を有し、異色に関するセンサ値が互いに予測可能に傾斜しオフセットすることを意味する。異色間の相関は、大半が重複する感度を有する画素位置における光検出器ならびに画像内で捕捉された被写体が一般に滑らかな面反射曲線を有するという事実の結果である。

## 【0014】

しかしながら、異色の複数の被写体を含む画像全体について算出したときに、色間の相関は中間色のものとなる傾向がある。ここで、図1を参照するに、標本画像（図示せず）内の全ての画素に関する二つの色平面間で線形相関を表わす図が示してある。図1中、画素位置の緑色値は画像内の全画素について同一の画素位置の赤色値に対しプロットしてある。図1で分かる如く、赤色値と緑色値の間には全体的に正の相関が存在する。相関係数は0.71であり、これは緑色値内の分散の約50%が赤色値から推定できることを示している（根拠となる分散量は相関係数の二乗で算出される）。

## 【0015】

しかしながら、図1には点在するプロット内の異なる傾斜をもった帯として示したように、赤色値と緑色値の間の異なる関係を有する画素の部分集合が存在する。これらの各帯内の画素ごとに赤色値と緑色値の間の相関を改善するため、帯内の画素位置における赤値と緑値の間の異なる線形関係を各帯ごとに算出しなければならない。画像全体に対する赤色値と緑色値の間の相関（すなわち0.71）は、個々の画素位置における欠落画素値の正確な算出をもたらすのに十分高いものではない。

## 【0016】

ここで図2を参照するに、本発明の実施形態によれば、同一画像のより小さな領域について赤色値に対し緑色値をプロットしたときに、相関レベルは著しく改善される。図2では、5個の8×8画素領域が図1にプロットした画像から無作為に選択してある。4個の個別領域内では、相関係数は平均して優れてより高い（例えば、0.9を超える）ものとなるが、異なる領域は異なる傾斜とオフセットを有する。領域のうち一つにとって、相関係数は負となってさえいる。より高い相関は、画像領域内の局部相関に基づくモザイク解除画像内での色折り返し歪の低減に帰結する。

## 【0017】

ここで図3を参照するに、本発明に従い局部線形回帰（LLR）モザイク解除アルゴリズム45を実装した画像処理システム10を有する画像装置5が図示してある。画像装置5は、カメラやビデオカメラや医療撮像装置等の任意のデジタル撮像装置の一部として組み込むことができる。撮像装置5はさらに、画像データ記憶用にメモリを内蔵するパーソナルコンピュータやサーバといったコンピュータシステム上に少なくとも一部組み込む

10

20

30

40

50

ことができる。かくして、このアルゴリズム 45 はパーソナルコンピュータやサーバ上で稼働する画像処理ソフトウェアの一部としてデジタル撮像装置内に配置することができる。

#### 【0018】

撮像装置 5 は、行列配置した画素 25 の二次元配列を含む CMOS センサチップや CCD センサチップといった画像センサ 20 を含む。画像センサ 20 は、各画素 25 が 1 色だけを検出するよう、色フィルタ列 (CFA) により被覆することもできる。例えば、CFA は周知のベイヤー CFA でよく、そこでは輝度色 (緑) のチェッカー盤パターンの中に色度色 (赤と青) が点在する。ここで説明する LLR モザイク解除アルゴリズム 45 が、CMY (シアン、マゼンタ、イエロー) センサモザイク或いは他の  $n$  色 ( $n \geq 3$ ) センサモザイクといった他の CFA 構成にも適用可能であることもまた理解されるべきである。 10

#### 【0019】

画像センサ 20 は、センサ値 30 に本発明の LLR モザイク解除アルゴリズム 45 を適用することのできる画像処理システム 10 内のデジタル信号プロセッサ 40 へ元となる赤、青、緑の画素値を含む未加工センサ値 30 を供給する。センサ値 30 は領域に分割され、一度に 1 領域分がデジタル信号プロセッサ 40 へ供給される。このように、センサ値 30 は必要な数のセンサ値 30 が処理開始用に存するまで、バッファ 50 内に記憶させられる。バッファ 50 は、プロセッサ 40 外部の記憶装置 (例えば RAM) や或いはプロセッサ 40 内の記憶装置 (例えば、内部レジスタやスタックやキャッシュ) として実装することができる。他の実施形態では、バッファ 50 及び/又はプロセッサ 40 はセンサチップ自体に組み込むことができる。 20

#### 【0020】

処理を開始するのに必要なセンサ値 30 の数は、画像が処理目的のために分割された領域の寸法に依存する。例えば、センサ値 30 は通常センサ 20 から一度に 1 行分読み出される。それ故、 $8 \times 8$  ブロックのセンサ値 30 を処理するには、バッファ 50 内に記憶させるのに 8 行のセンサ値が必要となろう。

#### 【0021】

LLR モザイク解除アルゴリズム 45 は、各領域ごとに異なる色平面の画素値を関連付ける最適線形関数の係数を割り出す回帰法により、各領域ごとに色平面間の線形関係を割り出す。領域ごとの欠落色センサ値は、局部線形回帰処理から推定した線形回帰係数を用いて未加工色センサ値をスケールやシフトして算出される。 30

#### 【0022】

LLR モザイク解除アルゴリズム 45 を用いた画像のモザイク解除を終えた後、モザイク解除した (補間した未加工) センサ値 130 を続く処理に用いることができる。例えば、モザイク解除したセンサ値 130 は、色補正処理或いは記憶目的の圧縮処理或いはビデオスクリーンやコンピュータスクリーンやプリンタなどの出力装置に画像を出力するための色変換処理に供することができる。

#### 【0023】

ここで、図 4 を参照するに、本発明の実施形態に従い LLR モザイク解除アルゴリズム 45 を実行する例示ロジックが図示してある。この LLR モザイク解除アルゴリズム 45 は、バッファ 50 が供給する未加工センサ値 30 を入力として取り込む。補間ロジック 100 は、一度にセンサ値 30 のブロックを受け、双一次や直接線形補間といった任意の高速かつ単純なモザイク解除処理を用いて補間センサ値 35 を算出する。ブロックは、画像を分割する領域に対応する。ここで使用する如く、「ロジック」なる用語が説明済み機能を実行するハードウェアやソフトウェア及び/又はファームウェアを指すことは理解されたい。 40

#### 【0024】

未加工センサ値 30 と一部実施形態 (図 6 に図示) における補間センサ値 35 が、各領域ごとに線形回帰ロジック 110 へ供給され、各領域ごとの異なる色平面間の線形回帰係数 115 (傾斜と切片) を割り出す。線形回帰係数 115 はさらに算出ロジック 120 へ 50

供給され、そこでそれらは線形予測を用いた未加工センサ値からの領域内推定欠落色センサ値の算出に用いられる。算出欠落色センサ値は、欠落色センサ値がセンサによって計測したと仮定した場合の実際の欠落色センサ値がもったであろう筈の推定値である。

#### 【0025】

画像の特定領域内の欠落色センサ値は全て同一の線形回帰係数をもった未加工センサ値から推定されるので、領域内の画素のセンサ値間の線形関係は維持され、その結果として最終モザイク解除画像内の不鮮明さはより少なく、色折り返し歪はより少なくなる。加えて、モザイク解除値と未加工値が線形関係にあるため、通常モザイク解除ステップに続く色補正処理における雑音増幅は本発明のLLRモザイク解除アルゴリズムを用いて低減することができる。雑音増幅を低減することは、(CMYセンサなどの)広域波長感度を有する画像センサを用いたときに特に重要である。これらの広域波長センサにとって、色補正マトリックス要素は最終処理画像における雑音増幅に寄与する大きな値を有する傾向がある。

10

#### 【0026】

例えば、未加工モザイク画像が、平均値0、標準偏差 $\sigma$ をもって各画素ごとに独立にかつ同様に分布する追加雑音要素 $n$ を有すると仮定すると、色センサ値(例えば、赤、緑、青)は以下の如く表わされる。

$$r = r_0 + n$$

$$g = g_0 + n$$

$$b = b_0 + n$$

20

ここで、 $r_0$ 、 $g_0$ 、 $b_0$ は、画像捕捉処理を通じてあらゆる雑音が付加される前の真の画素値である。隣接画素からの補間による従来のモザイク解除の後、推定色センサ値は同一画素の未加工色センサ値ではなくその隣接雑音と相関処理される雑音要素を有する(すなわち、雑音要素は異なる色平面間で独立していて、画像の全体的な雑音レベルは三つの色チャンネルの独立した雑音要素の組み合わせとなる)。

#### 【0027】

$c_{ij}$  ( $i \in \{1, 2, 3\}$ ,  $j \in \{1, 2, 3\}$ ) をセンサRGB(又はCMY)値から表示RGB値へ変換する色補正マトリックスとした場合、 $x_r$ 、 $x_g$ 、 $x_b$ で表わされる表示RGB値は下式から算出される。

$$x_r = c_{11} r + c_{12} g + c_{13} b$$

$$x_g = c_{21} r + c_{22} g + c_{23} b$$

$$x_b = c_{31} r + c_{32} g + c_{33} b$$

30

#### 【0028】

$x_r$ 、 $x_g$ 、 $x_b$ に関する雑音分布は、平均値が0で $c_{ij}$ の関数である標準偏差を有する。モザイク解除された $r$ 、 $g$ 、 $b$ 値が独立した(或いは独立に近い)雑音要素であるときは、雑音項の標準偏差 $x_r$ 、 $x_g$ 、 $x_b$ は下式で表わされる。

#### 【0029】

##### 【数1】

$$\sigma_{x_r} = \sqrt{(c_{11}^2 + c_{12}^2 + c_{13}^2)} \sigma,$$

$$\sigma_{x_g} = \sqrt{(c_{21}^2 + c_{22}^2 + c_{23}^2)} \sigma,$$

$$\sigma_{x_b} = \sqrt{(c_{31}^2 + c_{32}^2 + c_{33}^2)} \sigma.$$

40

#### 【0030】

白色を維持するような補正マトリックス(すなわち、マトリックスの行合計が1)を有するRGBセンサにとって、色マトリックスは通常1を超える対角項と1未満か又は負とさえなり得る非対角項を有する。RGBセンサ用の色マトリックス例を、以下に示す。この種のマトリックスにあつては、モザイク解除した $r$ 、 $g$ 、 $b$ 値が独立した雑音項を有するときに雑音増幅は1を超える。

50



## 【0031】

3. 5973	-1. 4865	-1. 1109
-0. 4658	1. 9183	-0. 4526
-0. 1898	-1. 1079	2. 2977

## 【0032】

CMYセンサについては、以下のマトリクスに例示する如く、色マトリックスはしばしば大きな負項をもったより大きな値を有する傾向がある。モザイク解除された $r$ 、 $g$ 、 $b$ 値が独立した雑音項を有する場合、これらのCMYセンサにとって雑音増幅はより大きなものとなる。

## 【0033】

3. 5303	2. 4996	-5. 0298
-1. 8741	1. 1569	1. 7171
2. 2584	-2. 9010	1. 6426

## 【0034】

本発明のLLRモザイク解除アルゴリズムを用いると、局部画像領域内の全画素についての欠落色センサ値は未加工色センサ値に係数を変倍・シフト値して算出される。それ故、補間色センサ値は局部画像領域内の未加工色センサ値と良好に相関し、かくして雑音項は高い相関を有する。 $x_r$ 、 $x_g$ 、 $x_b$ に関する雑音項の標準偏差は、下式で表わされる。

## 【0035】

## 【数2】

$$\sigma_{x_r} = (c_{11} + c_{12} + c_{13})\sigma,$$

$$\sigma_{x_g} = (c_{21} + c_{22} + c_{23})\sigma,$$

$$\sigma_{x_b} = (c_{31} + c_{32} + c_{33})\sigma.$$

## 【0036】

$c_{i1} + c_{i2} + c_{i3} = 1$ であるから、局部画像領域内の雑音増幅係数は1となる。それ故、本発明のLLRモザイク解除アルゴリズムを用いることで雑音増幅は制限され、そのことで最終画像の品質は改善される。

## 【0037】

LLRモザイク解除アルゴリズム内の例示ステップが、図5に示してある。まず最初に、画像を表わす計測された未加工デジタルセンサ値がデジタル信号処理装置へ供給（ステップ500）され、未加工センサ値をモザイク解除する。受け取ったこれらの未加工センサ値は領域に分割し、個別にモザイク解除（ステップ510）する。例えば、センサ値は $n \times n$ ブロック又は $n \times m$ ブロックに分割することができ、各ブロックが同一又は異なる数のセンサ値を含む。特定領域についてパツファからセンサ値を検索する際に、領域内で未加工センサ値の線形回帰を実行し、その領域内の異色平面間の線形関係を記述する線形回帰係数（傾斜とオフセット）を割り出す（ステップ520）。線形回帰係数から、その領域内の各画素位置における推定欠落色センサ値を算出する（ステップ530）。

## 【0038】

線形回帰係数は、その領域に関する未加工センサ値のみを用いて各領域ごとに個別推定される。各領域ごとの欠落色センサ値は、その領域ごとの具体的な線形回帰係数と未加工センサ値を用いて個別に算出される。一旦画像の全領域の欠落色センサ値を算出する（ステップ540）と、さらなる処理或いは表示へ向け最終モザイク解除画像がデジタル信号プロセッサから出力される（ステップ550）。最終モザイク解除画像は、各画素位置における原未加工センサ値と算出欠落色センサ値を含む。

## 【0039】

一実施形態では、各領域ごとの線形回帰係数を未加工センサ値と単純な補間センサ値の両方を用いて割り出す。ここで図6を参照するに、本発明の実施形態に従い未加工補間セ

10

20

30

40

50

ンサ値を用いて局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップが図示してある。未加工センサ値を受け取り（ステップ600）、センサ値を領域に分割（ステップ610）する際に、第1のステップとして双一次補間や中間値補間といった単純なモザイク解除をモザイク画像に適用（ステップ620）することができる。単純なモザイク解除処理は、それぞれが原未加工及び補間色センサ値の両方を含む全3色平面（例えば、赤、緑、青）を生成する。単純なモザイク解除アルゴリズムが、未加工色センサ値を変更しない非常に単純かつ高速のアルゴリズムにできることは理解されたい。

【0040】

各領域ごとに線形回帰係数を割り出すため、補間色値と未加工色値を用いる（ステップ630）。例えば、 $r_i, g_i, b_i$  が  $n \times n$  画素のブロック内の画素  $i$  に関する個々の  $r, g, b$  色センサ値を表わすものとする。G 値 ( $S_{rg}, A_{rg}$ ) からの R 値算出や B 値 ( $S_{rb}, A_{rb}$ ) からの R 値等の算出に用いる回帰係数（傾斜  $S$  とオフセット  $A$ ）を割り出すため、分散項と共分散項を算出しなければならない。例えば、

【0041】

【数3】

$$\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$$

【0042】

が、現在の画像領域における  $r, g, b$  の平均を表わす場合、分散 ( $SS$ ) 項と共分散 ( $CS$ ) 項に関する二乗和は、下式で表わされる。

【0043】

【数4】

$$SS(R) = \sum_{i=1}^{n^2} (r_i - \bar{r})^2;$$

$$SS(G) = \sum_{i=1}^{n^2} (g_i - \bar{g})^2;$$

$$SS(B) = \sum_{i=1}^{n^2} (b_i - \bar{b})^2;$$

$$CS(RG) = \sum_{i=1}^{n^2} (r_i - \bar{r})(g_i - \bar{g});$$

$$CS(GB) = \sum_{i=1}^{n^2} (g_i - \bar{g})(b_i - \bar{b});$$

$$CS(RB) = \sum_{i=1}^{n^2} (r_i - \bar{r})(b_i - \bar{b}).$$

【0044】

分散二乗和と共分散二乗和から、色値  $y$  を色値  $x$  から予測するのに用いる線形回帰係数  $S_{yx}$ （傾斜）と  $A_{yx}$ （オフセット）を、下記の如く算出することができる（便宜上、R 平面と G 平面に関する係数だけが図示してあるが、他の色平面も同様である）。

【0045】

【数5】

$$S_{rx} = \frac{CS(RG)}{SS(G)}, \quad A_{rx} = \bar{r} - \bar{g}S_{rx};$$

$$S_{gx} = \frac{CS(RG)}{SS(R)}, \quad A_{gx} = \bar{g} - \bar{r}S_{gx}.$$

10

20

30

40

50

## 【0046】

特定領域に関する分散項と共分散項の算出時に、特定用途に応じてその特定領域に関する全センサ値か又はその特定領域からのセンサ値の部分集合だけを用いることができる。他の実施形態では、線形回帰係数は算出しないが、その代わりに異なる色平面に関する平均強度に基づいて異なる色平面に関する線形関数を表わすルックアップテーブルを構築することができる。

## 【0047】

一旦線形回帰係数を割り出すと、領域に関する推定欠落色センサ値を算出（ステップ640）することができる。例えば、未加工モザイクにおける全G画素位置について、欠落R値及びB値 $r'$ 、 $g'$ は、 $S_{rg}$ 、 $A_{rg}$ と $S_{bg}$ 、 $A_{bg}$ を用いて下記の如くG値から算出することができる。

$$\begin{aligned} r_i' &= A_{rg} + S_{rg} * g_i \\ b_i' &= A_{bg} + S_{bg} * g_i \end{aligned}$$

## 【0048】

領域に関する同様の推定はB画素位置における全ての欠落R値及び欠落G値に適用でき、R画素位置における全ての欠落G値及び欠落B値はその領域に関する全3色画像に帰結する。この処理は画像内の全ての領域（例えば $n \times n$ ブロック或いは $n \times m$ ブロック）について繰り返され（ステップ650）、最終モザイク解除画像が生成される（ステップ660）。

## 【0049】

他の実施形態では、線形回帰係数は未加工センサ値だけ用いて割り出すことができる。ここで図7を参照するに、本発明の他の実施形態に従い、未加工センサ値だけを用いる局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップが図示してある。単純な補間ステップを実行する代わりに、未加工センサ値を受け取り（ステップ700）、センサ値を領域に分割（ステップ710）する際に、各領域ごとの線形回帰係数を未加工色センサ値のみから割り出す。

## 【0050】

例えば、ベイヤーモザイク画像に関する線形回帰係数を割り出すため、 $r_i$ が特定の画像領域に関する個別r色値を表わすものとする。 $g_{i1}$ 、 $g_{i2}$ 、 $g_{i3}$ 、 $g_{i4}$ が、各 $r_i$ ごとに真上、真下、左真横、右真横にある緑画素を表わすものとする。最初のステップとして、 $r$ と4個の $g$ 値群のそれぞれとの間の相関係数 $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 、 $\rho_3$ 、 $\rho_4$ を、以下の如く算出（ステップ720）する。

## 【0051】

## 【数6】

$$\rho_j = \frac{CS(RG_j)}{\sqrt{SS(G_j) \times SS(R)}}$$

ここで、 $CS(RG_j)$ と $SS(G_j)$ は、使用緑値が各緑画素位置に対応して $g_{ij}$ 、 $j = 1, 2, 3, 4$ となる点を除き、図6に関連して示したのと同様の仕方で算出する。

## 【0052】

画像の平坦領域では、赤と4個全ての緑値の相関は同様でなければならない。しかしながら、多くの高空間周波数パターンを有する領域にあっては、 $\rho_i$ 値は大幅に変わることがある。例えば、高水平周波数パターンを有する画像領域では、 $r$ と $g_3$ 、 $g_4$ （左右の緑の画素）間の相関は高く、ただし $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 低いものとなろう。それ故、人工的な色折り返し歪の導入を排除するため、最高の相関をもたらす緑画素位置を選択しR色値とG色値の間の線形回帰係数を割り出す（ステップ730）。

## 【0053】

例えば、 $j_{max}$ が特定領域に関する赤値と最高の相関を有する緑画素位置を表わす場

合、領域内で色値  $x$  からの色値  $y$  の推定に用いる線形回帰係数  $S_{y,x}$  (傾斜) と  $A_{y,x}$  (オフセット) は以下の如く算出 (ステップ 740) することができる (便宜上、 $r$  平面と  $g$  平面の係数だけが図示してあるが、他の色平面も同様である)。

【0054】

【数7】

$$S_{rg} = \frac{CS(RG_{jmax})}{SS(G_{jmax})}, A_{rg} = \bar{r} - \overline{g_{jmax}} S_{rg};$$

$$S_{gr} = \frac{CS(RG_{jmax})}{SS(R)}, A_{gr} = \overline{g_{jmax}} - \bar{r} S_{gr}.$$

10

【0055】

一旦一組の色平面に関する線形回帰係数が割り出されると、この処理は他の全ての組の色平面について繰り返される (ステップ 750)。全ての色平面用の線形回帰係数から、図 6 に関連して説明した如く、領域に関する推定欠落色センサ値を算出する (ステップ 760) ことができる。この処理は、最終的なモザイク解除された画像を生成 (ステップ 780) すべく、画像内の全ての領域 (例えば  $n \times n$  ブロック 或いは  $n \times m$  ブロック) について繰り返される (ステップ 770)。

【0056】

さらなる実施形態では、図 6 に関連して前記した LLR モザイク解除アルゴリズム実施形態内で人工的折り返し歪の数を低減するため、LLR モザイク解除アルゴリズムは画像の高空間周波数成分上でだけ実施することができる。ここで図 8 を参照するに、画像の高い空間周波数成分を用いて局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップが、本発明のさらなる実施形態に従って図示してある。

20

【0057】

未加工センサ値を受け取り (ステップ 800)、センサ値を領域に分割 (ステップ 810) する際に、単純なモザイク解除アルゴリズムをモザイク画像に適用し、画像領域の第 1 のモザイク解除版を生成 (ステップ 820) する。その後、画像領域の第 1 のモザイク解除版のブラー版を領域寸法と同じ大きさのガウス型カーネルを用いた畳み込みを通じて生成 (ステップ 830) する。ガウス型畳み込みは低域濾波フィルタとして機能し、それによって画像から細部を取り除く。ガウス型カーネルに代えて、他の低域濾波カーネルを用いることができることは理解されたい。不鮮明版はそこで第 1 のモザイク解除版から減算し、画像が原画像の高空間周波数成分だけを含む差分画像を生成 (ステップ 840) する。

30

【0058】

続く回帰及び欠落色センサ値推定算出が差分画像上で行われ (ステップ 850, 860)、図 6, 7 に関連して前記した如く、画像領域の第 2 のモザイク解除版が生成される。第 2 のモザイク解除版が一つの領域について完成した後、その領域に関する不鮮明版が第 2 のモザイク解除版に追加し戻され (ステップ 870)、画像領域の最終モザイク解除版が生成される。この処理は、画像内の全ての領域 (例えば、 $n \times n$  ブロック 或いは  $n \times m$  ブロック) について繰り返され (ステップ 880)、最終モザイク解除画像を生成 (ステップ 890) する。

40

【0059】

本発明は、小さな領域内では R, G, B 色センサ値が高度の線形相関を有するという一般的な前提のもとに行われたが、この前提が当てはまらない幾つかの画像領域も存在する。図 9 は、標本画像の特定の領域の全画素に関する対応緑色値に対してプロットした青色値を示す。青色値と緑色値の間の関係を記述するのに三つの線形関数が必要であることが、図 9 から容易に見て取ることができる。それ故、前記した局部回帰法で行われる如く、緑から青を予測するのにただ一つの線形関数を用いた場合、緑画素位置で算出される大半

50

の青センサ値は不正確であり、その結果格子様の誤ったパターンを生ずる。

#### 【0060】

格子構造は通常、全てが過小計算か又は過大計算された色センサ値群を含み、そのことでそれらの隣接画素よりも低いか又は高い色センサ値（かくして格子様パターン）が算出されることになる。それ故、格子構造を検出するのに、LLRモザイク解除アルゴリズムから生成されたモザイク解除センサ値と図6、8に関連して前記した単純なモザイク解除ステップから生成された補間色値との間で比較を行うことができる。

#### 【0061】

ここで図10を参照するに、本発明の実施形態に従い、LLRモザイク解除アルゴリズム45を用いてモザイク解除した画像から格子構造を取り除く例示ロジックが図示してある。LLRモザイク解除アルゴリズム45は、バッファ50が供給する未加工センサ値30を入力として取り込む。補間ロジック100は、一度にセンサ値30のブロックを受け取り、双一次或いは直接線形補間といった任意の高速かつ単純なモザイク解除処理を用いて補間センサ値35を算出する。ブロックは、画像を分割する領域に対応する。

10

#### 【0062】

未加工センサ値30と一部実施形態（図6に関連して前記）における補間センサ値35は、各領域ごとに線形回帰ロジック110へ供給され、各領域ごとの異なる色平面間で線形回帰係数115（傾斜と切片）を割り出す。線形回帰係数115はさらに算出ロジック120へ供給され、そこで線形予測を用いて未加工センサ値からの領域内推定欠落色センサ値の算出に用いられる。

20

#### 【0063】

未加工センサ値30はさらに、閾値155を算出すべく閾値ロジック150へ供給される。一実施形態では、閾値155は画像の照光状態に応じて可変することができる。例えば、低照光状態にあっては、センサ値は低く、信号対雑音比は低く、格子構造が生じたかどうかの判定のために高い閾値155が必要とされる。対照的に、通常のすなわち明るい照光状態では、センサ値は高く、信号対雑音比は高く、それによって格子構造が生じたかどうかの判定のために低い閾値155の設定が可能となる。他の実施形態では、閾値155は、製造業者が予め構成したり、カメラ操作者が設定したりできる。

#### 【0064】

補間されたセンサ値35と算出センサ値125はさらに比較ロジック140へ供給され、少しでも格子構造が画像領域内に存在するかどうか判定される。比較ロジック140は、各画素の算出センサ値125を対応する各画素ごとの対応補間センサ値35と比較し、各画素ごとに色平面に関する異なる値145を出力する。差分値145と、未加工センサ値30と補間されたセンサ値35と算出センサ値125と閾値155が置換ロジック160へ供給され、最終モザイク解除センサ値130を出力する。最終モザイク解除センサ値130は、未加工センサ値30と、算出センサ値125と、閾値を超える差分値がLLRモザイク解除の結果格子構造生じた箇所の画素に関する算出センサ値125の代用としての補間センサ値35を含む。

30

#### 【0065】

LLRモザイク解除画像から人工的な格子を取り除く例示ステップが、図11に図示してある。未加工センサ値を受け取り（ステップ900）、センサ値を個別モザイク解除用に分割（ステップ905）するに際し、単純なモザイク解除アルゴリズムをモザイク画像に適用し（ステップ910）、それぞれが原未加工色センサ値と補間色センサ値の両方を含む全3色平面（R、G、B）を生成する。その後、その領域における異色平面間の線形関係を記述（ステップ915）する線形回帰係数（傾斜及びオフセット）が、図6に関連して前記した如く補間センサ値と未加工センサ値の両方から或いは図7に関連して前記した如く未加工センサ値のみから割り出される。線形回帰係数から、その領域における各画素位置における推定欠落色センサ値が算出される（ステップ920）。

40

#### 【0066】

各算出された欠落色センサ値ごとに、算出欠落色センサ値と対応する補間欠落色センサ

50

値との間で比較がなされ、差分値が割り出される（ステップ925）。差分値が閾値を上回る場合（ステップ930）、算出欠落色センサ値は補間欠落色センサ値をもって置換（ステップ935）される。さもなくば、算出欠落色センサ値を最終モザイク解除画像内で用いる（ステップ940）。この処理は、画像領域内の各算出欠落色センサ値ごとに繰り返される（ステップ945）。

#### 【0067】

一旦画像の全領域において推定欠落色値が算出される（ステップ950）と、最終モザイク解除画像がさらなる処理或いは表示へ向けデジタル信号プロセッサから出力される（ステップ955）。最終モザイク解除画像は、原未加工センサ値と各画素位置における算出欠落色センサ値か補間欠落色センサ値のどちらかを含む。

10

#### 【0068】

単純な補間色センサ値を用いることで格子構造は取り除くことができるが、画素が画像内の被写体のエッジ上に横たわる場合は、単純な補間色センサ値を用いることで画像内に人工的な色折り返し歪が生ずることがある。画像内の被写体のエッジを囲繞する領域内で、隣接画素値が大幅に変化することがある。それ故、たとえ画像内の被写体のエッジ上に横たわる画素について格子構造が生ずるとしても、算出欠落色センサ値は単純な補間色センサ値よりも良好なこれらのエッジを維持することができる。

#### 【0069】

画像内でエッジ周りに余分な色折り返し歪を導入することなくLLRモザイク解除画像から格子構造を取り除く例示ステップが、図12に図示してある。未加工センサ値を受け取り（ステップ1000）、未加工センサ値を個別領域へ分割（ステップ1005）するに際し、単純なモザイク解除アルゴリズムをモザイク画像に適用し（ステップ1010）、それぞれが原未加工色センサ値と補間色センサ値の両方を含む全3色色平面（例えば、R、G、B）を生成することができる。その後、エッジ検出アルゴリズムを画像領域に適用し、画像領域内でエッジが生起する箇所を割り出すことができる（ステップ1015）。エッジ検出は、任意のエッジ検出アルゴリズムを用いて実行することができる。

20

#### 【0070】

一例として、以下は特にベイヤーパターンモザイク用に設計されたエッジ検出アルゴリズムの説明である。第1のステップとして、ベイヤーパターンの4色（R、G1、G2、B）の位置が、前記ステップ1010で実行した如く個別にモザイク解除される。かくして、各画素位置において赤値と青値と赤画素に隣接する緑画素に関する緑値と青画素に隣接する緑画素に関する緑値が存在する。その後、G1、G2のモザイク解除結果は、続く処理に用いる補間G値用の最終G結果を得るべく平均化する。また、G1とG2のモザイク解除結果の正規化差分が各画素ごとに算出（ $|G_1 - G_2| / (G_1 + G_2)$ ）され、エッジマップが得られる。

30

#### 【0071】

画像領域の端にある画素の識別に加え、その領域（ステップ1020）の異なる色平面間の線形関係を記述する線形回帰係数（傾斜及びオフセット）が、図6に関連して前記した如く補間センサ値と未加工センサ値の両方から、或いは図7に関連して前記した如く未加工センサ値から得られる。線形回帰係数から、その領域の各画素位置での推定欠落色センサ値が算出（ステップ1025）される。

40

#### 【0072】

各算出欠落色センサ値ごとに、算出欠落色センサ値と対応補間欠落色センサ値の間で比較がなされ、差分値が割り出される（ステップ1030）。差分値が閾値を上回り（ステップ1035）、欠落色センサ値に関連する画素が前記した如くに特定されたエッジ上ではない（ステップ1040）場合、算出欠落色センサ値は補間欠落色センサ値をもって置換される（ステップ1045）。さもなくば、算出欠落色センサ値は最終的なモザイク解除された画像に用いる（ステップ1050）。この処理は、画像領域内の各算出欠落色センサ値ごとに繰り返される（ステップ1055）。

#### 【0073】

50

一旦画像の全領域内で推定欠落色値が算出される（ステップ1060）と、最終的なモザイク解除画像はデジタル信号プロセッサから出力させ、さらに処理或いは表示（ステップ1065）が可能となる。最終的なモザイク解除画像は、原未加工センサ値と各画素位置における算出欠落色センサ値か補間欠落色センサ値のどちらかとを含む。

#### 【0074】

他の実施形態では、線形相関仮説が適用できない領域を含む画像領域を異なる方法を用いて調整することができる。例えば、線形相関仮説に合わない画素（不合致画素）を単純な補間色センサ値でもって置換する代わりに、より洗練された線形回帰法を用いて幾つかの異なる線形関係を有する領域ごとに複数の回帰係数を割り出すことができる。さらなる例として、不合致画素における欠落色センサ値は色折り返し歪を最小化するモザイク解除法を用いて算出したセンサ値をもって置換することができる。別の対策として、画像をそれぞれがせいぜい二つの異なる色領域を含む不規則な形状の領域に分割し、それによって線形相関違反の原因を取り除くことができる。

#### 【0075】

最後に、本発明の代表的な実施態様を以下に示す。

##### （実施態様1）

少なくとも二つの色平面を有する画素列内で画素（25）が生成する未加工センサ値（30）により表わされる画像をモザイク解除する画像処理システム（10）で、前記画素列内の前記各画素（25）が前記画像ごとに少なくとも二つの色平面の一つにおける前記未加工センサ値（30）の個別の一つを生成する前記画像処理システムにおいて、

前記画像の一領域内の前記画素（25）により生成された少なくとも一つの前記未加工センサ値（30）群を記憶し、前記領域の面積が前記画像の面積に満たない前記バッファ（50）と、

前記バッファ（50）が記憶する前記未加工センサ値（30）群を受け取り、少なくとも前記未加工センサ値（30）群を用いて前記領域ごとの色平面間の線形関係を表わす回帰係数（115）を割り出し、前記回帰係数（115）を用いて前記画像の前記領域内の前記画素（25）に関連する欠落色センサ値（125）を算出するために接続されたプロセッサ（40）と、

を有することを特徴とする前記画像処理システム。

#### 【0076】

##### （実施態様2）

前記回帰係数（115）は、前記領域内の二つの色平面間の線形関係を表わす傾斜値及び切片値を含む、

ことを特徴とする実施態様1に記載の画像処理システム。

#### 【0077】

##### （実施態様3）

前記プロセッサ（40）はさらに、前記未加工センサ値（30）群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値（35）を算出し、前記補間欠落色センサ値（35）と前記未加工センサ値（30）群を用いて前記領域ごとに前記回帰係数（115）を割り出す構成としたことを特徴とする実施態様1または実施態様2に記載の画像処理システム。

#### 【0078】

##### （実施態様4）

前記プロセッサ（40）はさらに、前記補間欠落色センサ値（35）と前記未加工センサ値（30）群を用いて前記領域内の各色平面間の分散二乗和と前記領域内の各色平面間の共分散二乗和を算出し、前記分散二乗和及び共分散二乗和を用いて前記回帰係数（115）を割り出す構成としたことを特徴とする実施態様3に記載の画像処理システム。

#### 【0079】

##### （実施態様5）

前記プロセッサ（40）はさらに、前記領域内の各色平面間の相関係数を算出し、二つの色平面間の前記相関係数が第2の色平面の前記画素（25）の位置に対して第1の色平

10

20

30

40

50

面の前記画素（２５）が取り得るそれぞれの位置に関する個別相関係数を含み、該相関係数を用いて前記回帰係数（１１５）を割り出す構成としたことを特徴とする実施態様１から実施態様２に記載の画像処理システム。

【００８０】

（実施態様６）

前記プロセッサ（４０）はさらに、前記第１と第２の色平面間の前記相関係数のうちの最大のものに対して第１の色平面について画素位置を選択し、前記第２の色平面内の前記画素（２５）に対し前記選択された画素位置内で前記画素（２５）から生成した第１の色平面内における前記各未加工センサ値（３０）を用い、前記第１の色平面と第２の色平面の間の前記回帰係数（１１５）を割り出す構成とした、

10

ことを特徴とする実施態様５に記載の画像処理システム。

【００８１】

（実施態様７）

前記プロセッサ（４０）はさらに、前記未加工センサ値（３０）群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値（２５）を算出して第１のモザイク解除画像を生成し、低域濾波カーネルを用いて前記補間欠落色センサ値（３５）と前記未加工センサ値（３０）群の畳み込みを通じて前記画像の前記領域ごとにブラー画像を生成し、前記ブラー画像を前記第１のモザイク解除画像から減算することで差分画像を生成し、前記差分画像を用いて前記回帰係数（１１５）を割り出す構成としてあり、前記プロセッサ（４０）はさらに、前記差分画像から算出した前記回帰係数（１１５）を用いて第２のモザイク解除画像を生成し、前記ブラー画像を前記第２のモザイク解除画像に加算することで前記領域ごとに最終モザイク解除画像を出力する構成とした、

20

ことを特徴とする実施態様１または実施態様２に記載の画像処理システム。

【００８２】

（実施態様８）

前記プロセッサはさらに、前記未加工センサ値（３０）群から前記領域ごとに補間欠落色センサ値（３５）を算出し、前記領域内のうちの選択された前記画素（２５）の一つについて第１の色平面内の前記補間欠落色センサ値（３５）と前記第１の色平面内の関連する算出欠落色センサ値（１２５）との間の差分を割り出すことで、前記領域内の前記各画素ごとに前記補間欠落色センサ値（３５）を前記関連する算出欠落色センサ値（１２５）と比較して格子構造を検出する構成としてあり、前記プロセッサはさらに、前記差分値（１４５）が閾値（１５５）を上回るときに前記選択画素（２５）の第１の色平面について、前記算出欠落色センサ値（１２５）を前記補間欠落センサ値（３５）でもって置換する構成とした、

30

ことを特徴とする実施態様１または実施態様２に記載の画像処理システム。

【００８３】

（実施態様９）

前記プロセッサ（４０）はさらに、前記画像の前記領域内に位置するエッジを検出するよう構成し、前記選択画素（２５）が前記エッジの一つの上に横たわるときは前記差分値（１４５）に拘わらず前記算出欠落色センサ値（１２５）を用いる、

40

ことを特徴とする実施態様８に記載の画像処理システム。

【００８４】

（実施態様１０）

少なくとも二つの色平面を有する画素列内で画素（２５）により生成された未加工センサ値（３０）により表わされる画像をモザイク解除する方法で、前記画素列内の前記各画素（２５）が前記画像に関する前記少なくとも二つの色空間の一方における個々の前記未加工センサ値（３０）を生成する前記方法であって、

前記画像の領域内の前記画素（２５）により生成された少なくとも一群の前記未加工センサ値（３０）を受け取る（５００）ステップで、前記領域が前記画像に満たない前記ステップと、

50



前記未加工センサ値（３０）群の少なくとも一部を用い前記領域に関する色平面の間の線形関係を表わす回帰係数（１１５）を割り出す（５２０）ステップと、

前記回帰係数（１１５）を用い前記画像の前記領域内で前記画素（２５）に関連する欠落色センサ値を算出（５３０）するステップを有する、

ことを特徴とする方法。

【図面の簡単な説明】

【００８５】

【図１】画像内の全画素の色平面間の線形相関を示す図である。

【図２】画像内の異なる領域の画素の色平面間の線形相関を示す図である。

【図３】本発明の例示実施形態に従い局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを用いる画像処理システムを示すブロック線図である。 10

【図４】本発明の例示実施形態に従い局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実装した例示ロジックを示す論理フロー線図である。

【図５】図４に示した局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップを示すフローチャートである。

【図６】本発明の実施形態に従い未加工の補間センサ値を用い局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップを示すフローチャートである。

【図７】本発明の他の実施形態に従い未加工センサ値だけを用い局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップを示すフローチャートである。

【図８】本発明のさらなる実施形態に従い不鮮明画像を用いる局部線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実行する例示ステップを示すフローチャートである。 20

【図９】画像内の特定領域内での線形相関仮説が当てはまらない例を示す図である。

【図１０】本発明の例示実施形態に従い線形相関があてはまらない場合の処理を用いた線形回帰モザイク解除アルゴリズムを実装した例示ロジックを示す論理フロー線図である。

【図１１】本発明の実施形態に従い画像領域が線形相関仮説があてはまるか否かの判定及びあてはまらない領域内でのセンサ値の置換の例示ステップを示すフローチャートである。

【図１２】一つの画像内でエッジ領域を検出する例示ステップを示すフローチャートである。 30

【符号の説明】

【００８６】

５ 撮像装置

１０ 画像処理システム

２０ センサ

２５ 画素

３０ センサ値

３５ 補間センサ値

４０ プロセッサ

４５ ＬＬＲモザイク解除アルゴリズム

５０ パッファ 40

１００ 補間ロジック

１１０ 線形回帰ロジック

１１５ 線形回帰係数

１２０ 算出ロジック

１２５ 算出センサ値

１３０ モザイク解除センサ値

１４０ 比較ロジック

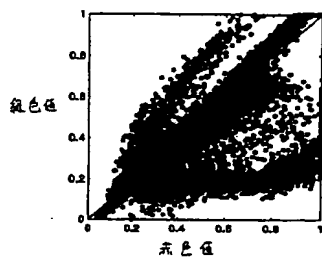
１４５ 差分値

１５０ 閾値ロジック

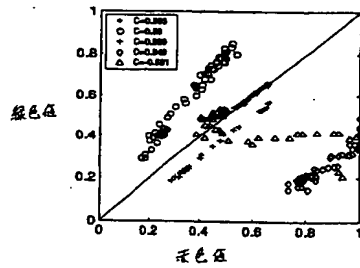
１５５ 閾値 50

## 160 置換ロジック

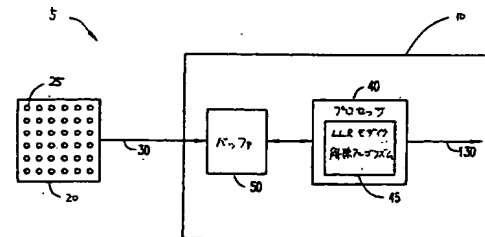
【図1】



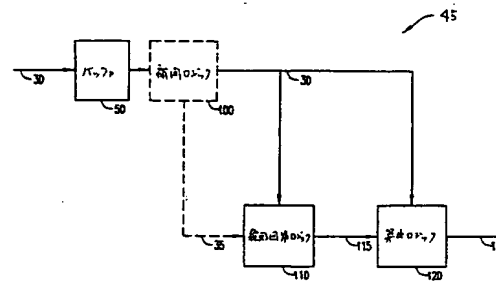
【図2】



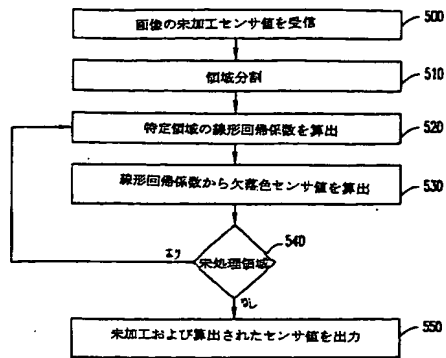
【図3】



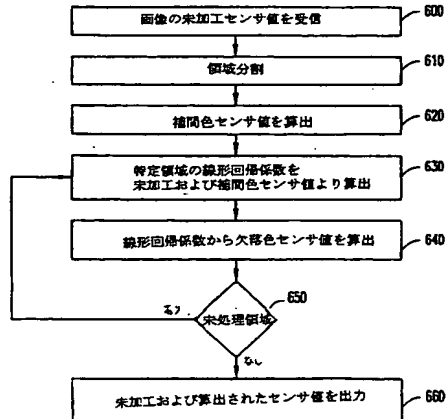
【図4】



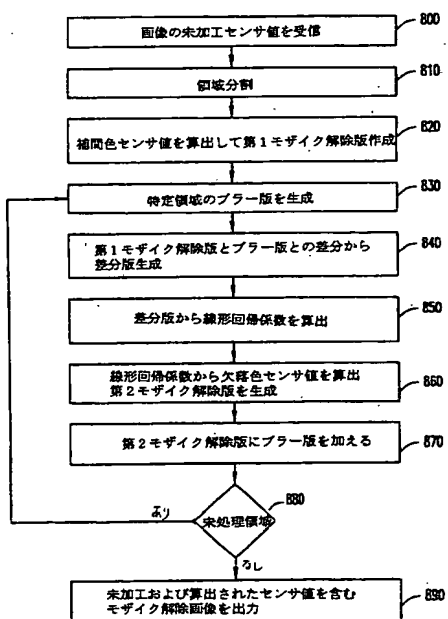
【図 5】



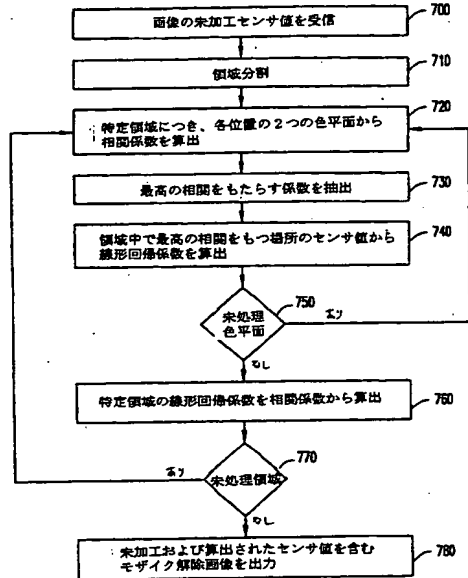
【図 6】



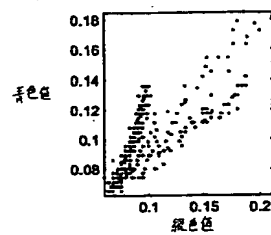
【図 8】



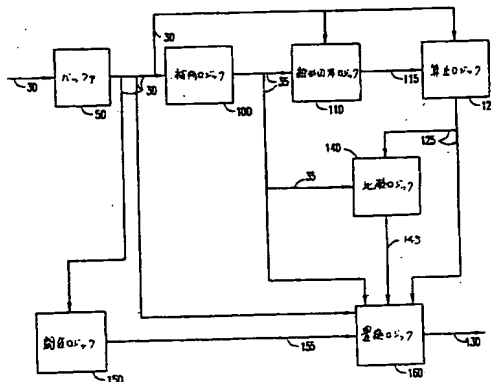
【図 7】



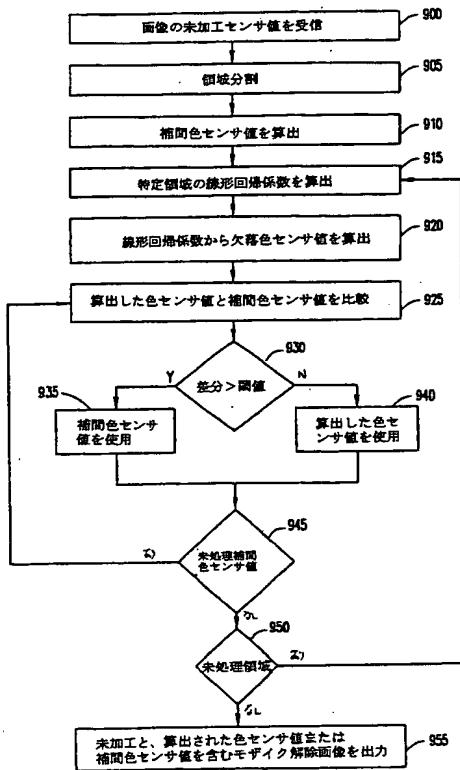
【図 9】



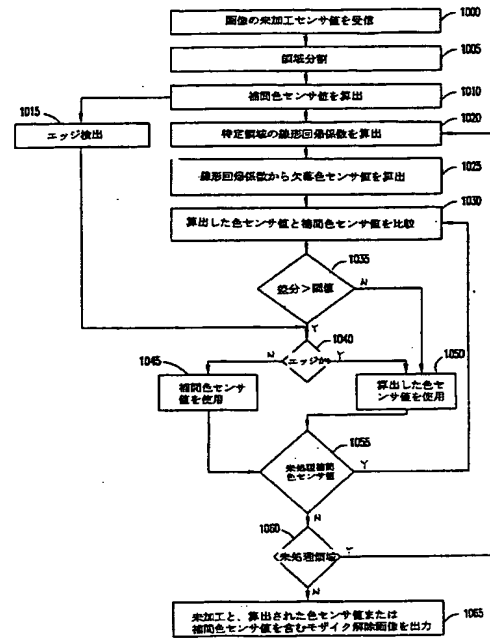
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 ラーマクリシュナ・カカララ

アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーベイル イースト・エベリン・アベニュー1055 ナン  
バービーー9

(72)発明者 トッド・エス・サックス

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロ・アルト イースト・チャールストン・ロード787

Fターム(参考) 5B057 AA20 BA11 CA01 CA08 CA12 CA16 CE16 DA03 DB02 DB06

DB09 DC25

5C065 AA04 CC01 DD01 DD17 EE06 GG13 GG21 GG22 GG23

5C077 LL20 MM01 MP08 PP31 PP43 PQ12 RR19

5C079 HB01 JA22 LA01 MA01 MA11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**